

УДК 623.316

В.Я. Жиляков

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
Україна

## ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНОГО НАТЯГНЕННЯ ТЯЖЕЙ ПОСИЛЕННЯ ЦЕГЛЯНИХ БУДІВЕЛЬ

Приведена методика визначення зусиль натягнення бандажів посилення цегляних будівель, при яких, з однієї сторони, відбувається включення тяжей бандажа в роботу, а з іншого боку, забезпечується міцність кладки стін в місцях передачі на них зусиль натягнення. Наведений приклад визначення зусилля натягнення тяжей для певної марки цеглини і розчину кладки.

**Ключові слова:** безаварійна експлуатація, зусилля натягнення, бандажі, цегляні стіни.

### Актуальність проблеми

Найбільш поширеним дефектом технічного стану цегляних будівель є утворення тріщин в стінах, що несуть, і перегородках. Наслідком освіти і подальшого розвитку тріщин можуть бути помилки при проектуванні будівель, їх фізичний знос, неякісне виконання геологічних досліджень майданчика будівництва, несвоєчасні ремонти покриттів, помилки в експлуатації будівель, замокання ґрунтів підстави, викликані екзогенною діяльністю, в результаті якої утворюються протікання водонесучих комунікацій, замокання територій зважаючи на неналежне відведення з поверхні землі води після дощів і танення снігу і так далі.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

В даний час поряд з традиційними методами посилення будівельних конструкцій все більш широке застосування знаходять спеціальні методи, зокрема посилення конструкцій за допомогою композиційних матеріалів у вигляді фіброармірованих пластиків (ФАП), виконаних на основі різних сполучних: полімерних, керамічних, металевих, мінеральних та інших [1,2,3,4,5]. Застосовувані в будівництві композиційні матеріали виготовляють з високоміцних волокон (вуглецевих, арамідних, скляних волокон і ін.), омоноличених в сполучному складі на полімерній основі. Посилення цегляної кладки стін можливо і з застосуванням інноваційних способів виконання ремонтних робіт. Суть процесу полягає в наступному:

- в цегляній кладці стіни, що має дефекти і руйнування, просвердлюються технологічні отвори. При цьому вони розташовуються по обидва боки вздовж тріщин;

- в пробурені отвори під високим тиском закачують спеціальні склади для ремонтних робіт. Це може бути мікроцемент, розчини на основі епоксидної смоли або поліуретану. Коли на фасадах будівлі є безліч тріщин, для їх усунення вдаються до забезпечення просторової жорсткості несучої коробки будівель за допомогою пристрою обв'язувальних поясів.

Однак, застосування таких способів посилення цегляних стін, є витратним і його неможливо використовувати при негативних температурах навколишнього середовища [6,7].

### Постановка проблеми в загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими і практичними завданнями

Нині в Україні експлуатується величезна кількість будівель, термін експлуатації яких вже збіг або близький до завершення. Для продовження терміну експлуатації таких будівель має бути проведено обстеження технічного стану конструкцій і розроблені рекомендації для їх подальшої безаварійної експлуатації.

Завдання дослідження - визначення зусилля максимального натягнення бандажів посилення цегляних стін будівель, що мають дефекти в виді вертикальних і похилих тріщин.

### Визначення мети і завдання дослідження

Запропонувати алгоритм визначення зусилля максимального натягу бандажів посилення цегляних стін будівель, що мають дефекти у вигляді вертикальних і похилих тріщин, а також площі передачі зусилля.

За критерій визначення зусилля натягу запропоновано натяг стрижнів бандажа посилення,

виходячи з міцності цегляної кладки стін в місці передачі зусилля натягу від розподільчої конструкції бандажа безпосередньо на цегляну кладку.

### Виклад основного матеріалу

У практиці посилення цегляних стін будівель широко застосовуються бантажі, виконані зі сталевих прокатних профілів - зазвичай куточків або швелерів і тяжів - сталевих прутків. При натягу прутків посилення, зазвичай вважається прийнятним створення такого зусилля в прутки, коли напруги в ньому наближаються до межі плинності.

Виконання такого достатнього великого натягу не завжди можливо, тому що відбувається руйнування цегляної кладки в зоні контакту профілів, передають зусилля на кладку. Зменшення ж зусилля натягу прутків (тяжів) неприпустимо, зважаючи на неможливість включення цих тяжів до спільного з кладкою роботу.

Така ситуація призводить до необхідності визначення площі передачі зусиль натягу прутків на цегляну кладку.

Взаємодія профілю передачі зусилля натягу з цегляною кладкою можна розглядати як контактну задачу теорії пружності. Пропонується розглядати це взаємодія як балку (сталевий профіль) з пружним півпростором (цегляна кладка).

У даній статті наводиться методика визначення зусилля натягу стрижнів бандажа і площі передачі посилення на цегляну кладку на прикладі взаємодії сталевого прокатного куточка L 100x100x10 ( $\gamma_0 = 74,1 \text{ см}^2$ ;  $E = 2,06 \cdot 10^4 \text{ кН / см}^2$ ), і цегляної кладки з цегли М100 на розчині М75 ( $E_0 = 200 \text{ кН / см}^2$ ;  $f_d = 0,26 \text{ кН / см}^2$ ).

Зусилля натягу дроту -  $N = 50 \text{ кН}$  (рис. 1).

Попередньо приймемо довжину куточка з умови міцності кладки (відсіч кладки прийнятий рівномірним).

$$\sigma = N / 9,0 \cdot L = f_d; L = N / 9,0 f_d = 50 / 9 \cdot 0,26 = 21,4 \text{ см.}$$

$f_d = 2,6 \text{ МПа}$  ( $0,26 \text{ кН / см}^2$ ). для цегляної кладки з цегли марки 100

на розчині марки 75, - [8] (табл.2 Додатка Р).

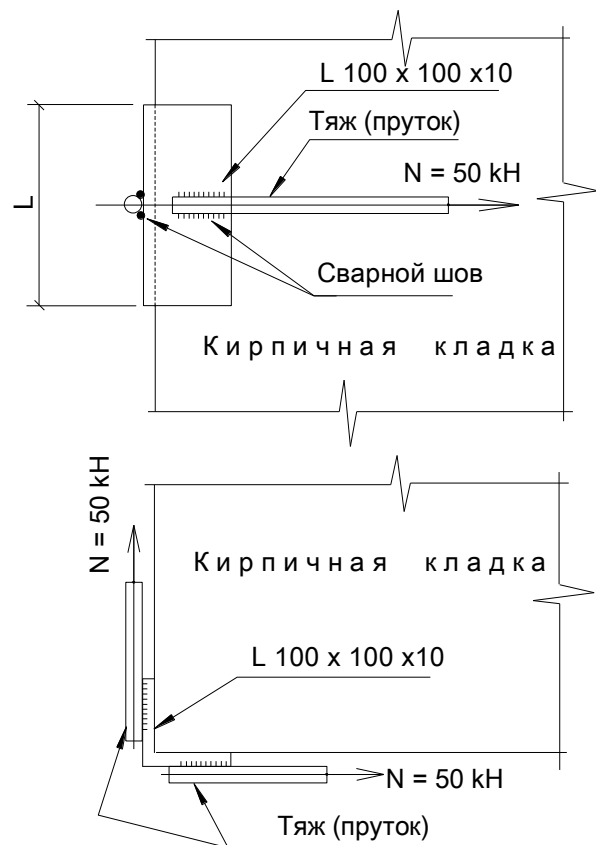


Рис. 1. Схема прикладання навантаження на кладку

Вибираємо сувору розрахункову схему:

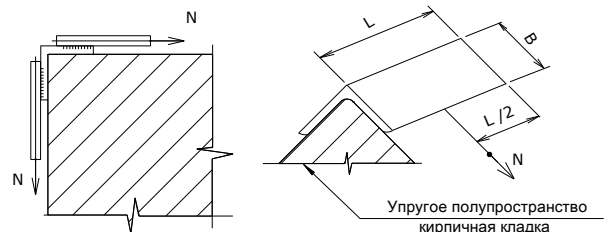


Рис. 2. До визначення розрахункової схеми

Оскільки відношення  $l / b \geq 2$ ; ( $\sim 3$ ), то складку (куточок) можна замінити балкою, що лежить на пружному півпросторі (цегляна кладка) і навантаженої зосередженим навантаженням в центрі (найгірший випадок).

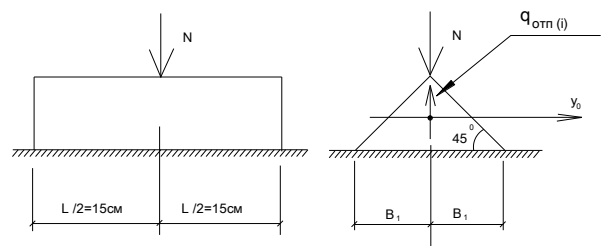


Рис. 3. Розрахункова схема

$$F_1 = 2 \cdot F \cdot \cos \alpha = 2 \cdot 50,0 \cdot \sqrt{2} / 2 = 70,70 \text{ кН}$$

$$2B_1 = 10 \cdot \cos \alpha = 10 \cdot \sqrt{2} / 2 = 14,14 \text{ см.}$$

Розрахунок балки виробляємо за методом сил з використанням групових невідомих (визначення сил відсічі підстави) [9-12].

Основна система методу сил в нашому випадку має такий вигляд (рис. 4):

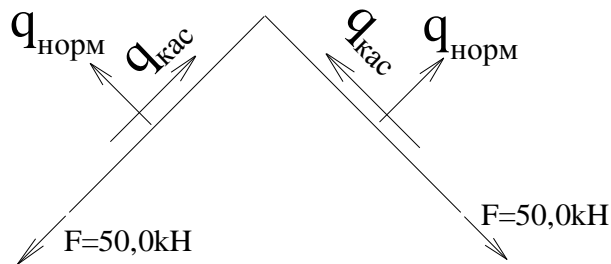


Рис. 4. Основна система методу сил

Звичайні невідомі методу сил, згідно з [5], замінюємо груповими невідомими:

$$q_{отп}(i) = q_{осн}(i) + X_i / c;$$

$$q_{осн}(i) = F_1 / L = 70,70 / 30 = 2,35 \text{ кН / см}$$

Канонічні рівняння методу сил:

$$\partial_{11} X_1 + \partial_{12} X_2 + \Delta_1 F = 0$$

$$\partial_{21} X_1 + \partial_{22} X_2 + \Delta_2 F = 0$$

Вирішивши систему рівнянь, для даного випадку отримаємо значення найбільшого відсічі (в середині балки):

$$q_{отп}(max) = 2,899 \approx 2,90 \text{ кН / см}$$

Оскільки ширина балки  $2L_1 = 14, 14 \text{ см}$ , то тиск під балкою складе:

$$q_{давл} = 2,90 / 14,14 = 0,205 \text{ кН / см}^2.$$

$$q_{норм} = q_{давл} \cdot \sqrt{2} / 2 = 0,205 \cdot 0,707 = 0,145 < 0,26 \text{ кН / см}^2;$$

$$q_{кас} = q_{давл} \cdot \sqrt{2} / 2 = 20,5 \cdot 0,707 = 0,145 < 0,26 \text{ кН/см}^2.$$

$f_d = 2,6 \text{ МПа}$  ( $0,26 \text{ кН / см}^2$ ). для цегляної кладки з цегли марки 100

( $F_b = 10 \text{ МПа}$ ) на розчині марки 75 ( $f_m = 7,5 \text{ МПа}$ ).

Максимальне зусилля натягу для передачі на стіну через куточок  $100 \times 10$  становить:

$$N_{max} = 50,0 \cdot 0,26 / 0,145 = 89,66 \text{ кН}.$$

Тяж проектуємо з круглої сталі по ГОСТ 27772 з розрахунковим опором розтягуванню  $R_y = 320 \text{ МПа}$  (сталь С-345).

Визначаємо мінімальну площу сталевго тяжа:  
 $A_{min} = N_{max} / (R_y \cdot \gamma_s) = 89,66 / (32 \cdot 0,9) = 3,11 \text{ см}^2.$

Мінімальний діаметр тяжа:

$$D_{min} = \sqrt{(3,11 / 3,14)} \sim 1 \text{ см}.$$

Конструктивно (з урахуванням зменшення площі нарізкою різьблення) приймаємо діаметр тяжа, рівним  $2 \text{ см}$ .



Рис.5. Установка стальных бандажів на будівлі котельні

## Висновки і рекомендації

Натяг тяжів необхідно виробляти до «чистого дзвону» тяжа при ударі по ньому металевим предметом.

За запропонованої методики були розраховані посилення ряд будівель з дефектами цегляних стін.

Приклад установки тяжів на будівлі котельні одного з заводів м Харкова показаний на Фото 1.

## Література

1. Мустакимов, В. Р. К вопросу остаточной прочности строительных конструкций. Оптимально достаточные способы их восстановления при реконструкции. [Текст] / В.Р. Мустакимов, Р. Р. Авхадеев. // Известия КазГАСУ. - 2011. - № 1
2. Ключев, С.В. Усиление и восстановление конструкций с использованием композитов на основе углеволокна [Текст] / С.В. Ключев // Бетон и железобетон. - 2012. - № 3.
3. Proceedings of the 16th International Brick and Block Masonry Conference (n.d.), Padova, Italy, 26-30 June 20.
4. Tomažević, M. (n.d.) Some consideration on testing and experimental simulation of seismic behavior of masonry walls and buildings.
5. Structural Analysis of Historical Constructions - 2 Volume Set: Possibilities of Numerical and Experimental Techniques (2004) - Proceedings of the IVth Int. Seminar on Structural Analysis of Historical Constructions, 10-13 November 2004, Padova, Italy
6. Диагностика и усиление каменных конструкций [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<http://tehlib.com/isy-taniya-i-obsledovaniya-zdaniy-i-sooruzhenij/diagnostika-i-usilenie-kamennyh-konstruktsij>.

7. Методические рекомендации по усилению каменных конструкций [Текст] - Киев: НИИСП Госстроя УССР, 1985.

8. ДБН В.2.6-162:2010, Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення [Текст].

9. Жиликов, В.Я. Розрахунок фундаментних балок [Текст] / В.Я. Жиликов, Я.Г. Жиликов, В.М. Бабаєв. - ХНУБА, Харків, 1999.

10. Симвули, И.Д. Расчет инженерных конструкций на упругом основании [Текст] / И.Д. Симвули - М.: Высшая школа, 1973.

11. Клепиков, СИ. Расчет конструкций на упругом основании [Текст] / С.И. Клепиков. - Киев: Будівельник, 1967.

12. Горбунов-Посадов М.И. Расчет конструкций на упругом основании [Текст] / М.И. Горбунов-Посадов, Т.Л. Маликова - М: Стройиздат. 1973.

### References

1. Mustakimov, V.R., Avkhadeev, R.R. (2011) To a question of residual durability of building constructions. Optimum sufficient ways of their restitution at reconstruction. *News of KAZGASU*, 1.

2. Klyuev, S.V. (2012) Strengthening and restoration of designs with use of composites on the basis of carbon fiber. *Concrete and reinforced concrete*, 3.

3. *Proceedings of the 16th International Brick and Block Masonry Conference* (n.d.), Padova, Italy, 26-30 June 20.

4. Tomažević, M. (n.d.) Some consideration on testing and experimental simulation of seismic behavior of masonry walls and buildings.

5. Structural Analysis of Historical Constructions - 2 Volume Set: Possibilities of Numerical and Experimental Techniques (2004) - *Proceedings of the IVth Int. Seminar on Structural Analysis of Historical Constructions*, 10-13 November 2004, Padova, Italy

6. *Diagnosis and strengthening of stone structures* (n.d.) Retrieved from <http://tehlib.com/isy-taniya-i-obsledovaniya-zdaniy-i-sooruzhenij/diagnostika-i-usilenie-kamennyh-konstruktsij>.

7. *Methodical recommendations for strengthening stone structures* (1985).

8. *DBN B.2.6-162: 2010* (n.d.) Kam'iani t armokam'iani stroitii. Basic laying.

9. Zhilyakov, V.Ya. Zhilyakov, Ya.G. & Babaev, VM. (1999) Rohrakhunok foundation beams.

10. Symbolily, I.D. (1973) Calculation of engineering structures on an elastic foundation.

11. Klepikov, SI. (1967) Calculation of structures on an elastic foundation.

12. Gorbunov-Posadov, M.I. & Malikova, TL. (1973) Calculation of structures on an elastic foundation.

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. В.С. Шмуклер, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

**Автор:** ЖИЛЯКОВ Валерій Якович  
кандидат технічних наук, доцент кафедри Будівельних конструкцій  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail - [valeriy\\_steel@ukr.net](mailto:valeriy_steel@ukr.net)

## DETERMINATION OF LIMIT TENSION BRICK BUILDINGS

V. Zhilyakov

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

*In the practice of reinforcing the brick walls of buildings, wide use is made of battens made of steel rolling profiles - usually corners or channel bars and strands - of steel rods. When tensioning the reinforcement bars, it is generally considered acceptable to create such a force in the rod, when the stresses in it approach the yield point.*

*It is not always possible to perform such a large enough tension, because there is a destruction of the brickwork in the contact zone of profiles that transmit force to the masonry. Reduction of the tension force of the rods (strands) is unacceptable, in view of the impossibility of including these strands in joint work with masonry*

*The technique of determining the tension forces of reinforcing bandages of brick buildings is given, in which, on the one hand, the bands of the bandage are switched on, and on the other hand, the walling strength is secured in places where tension is transmitted to them. An example is given of determining the tensile force of strands for a certain grade of brick and mortar solution.*

**Keywords:** trouble-free operation, tension forces, bandages, brick walls.